
SELÊNIO E VITAMINA EM DIETAS PARA TILÁPIAS-DO-NILO

BOTELHO, Hortência Aparecida¹
LEIRA, Matheus Hernandes
MELO, Carlos Cicinato Vieira
LAGO, Aline Assis
FERNANDES, Érica Machado
CAFÉ, Marcos Barcellos²
FREITAS, Rilke Tadeu Fonseca de³

Recebido em: 2017.02.15

Aprovado em: 2017.10.10

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2703

RESUMO: Dentre as espécies de peixes que demonstram potencial para o cultivo no Brasil, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é considerada a espécie mais produtiva. Essa espécie apresenta diversas vantagens, entre elas: rápido crescimento, maior rendimento de filé, resistência a baixa qualidade de água e boa aceitação no mercado consumidor. Na nutrição de peixes vários são os aspectos a serem avaliados em uma ração. O selênio e a vitamina E fazem parte de um sistema de defesa antioxidante multicomponente. Este sistema protege as células contra os efeitos adversos das espécies reativas de oxigênio e outros radicais livres que iniciam a oxidação. Além disso a suplementação de Vitamina E na dieta proporciona um maior desempenho produtivo, efeitos positivos nos parâmetros imunológicos dos peixes e resistência ao estresse. O selênio é um elemento que possui margem estreita entre os níveis de exigência e toxidez. As exigências são baixas, mas se não atingida, podem comprometer o sistema antioxidante e causar graves consequências para o metabolismo do animal. A capacidade do peixe em acumular selênio nos tecidos pode tornar a carne de pescado um interessante alimento funcional para a nutrição humana, especialmente como boa fonte de selênio. A tilápia-do-Nilo tem um nível de exigência específica de selênio e vitamina E que não pode ser satisfeito somente pelo ambiente aquático. Desta forma uma correta suplementação na dieta de minerais e vitaminas poderá garantir um maior desempenho, proporcionando uma melhor qualidade de carne e melhor aceitação no mercado.

Palavras-chave: Antioxidante. Aquicultura. Imunológicos

SELENIUM AND VITAMIN IN DIETS FOR TILAPIA-DO-NILO

SUMMARY: Among the species of fish that demonstrate potential for cultivation in Brazil, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is considered the most productive species. This species has several advantages, including: rapid growth, increased fillet yield, low quality water resistance and good acceptance in the consumer market. In fish nutrition there are several aspects to be evaluated in a ration. Selenium and Vitamin E are part of a multicomponent antioxidant defense system. This system protects the cells against the adverse effects of reactive oxygen species and other free radicals that initiate oxidation. In addition, supplementation of Vitamin E in the diet provides greater productive performance, positive effects on immunological parameters of fish and resistance to stress. Selenium is an element that has a narrow margin between the levels of demand and toxicity. The requirements are low, but if not achieved, could compromise the antioxidant system and cause serious consequences for the animal metabolism. The fish's ability to accumulate selenium in tissues can make fish fillet an interesting functional food for human nutrition, especially as a good source of selenium. Nile Tilapia has a level of specific requirement of selenium and vitamin E that cannot be satisfied only by the aquatic environment. Thus a correct supplementation of minerals and vitamins in diet can ensure higher performance, providing a better quality of fish fillet and better market acceptance.

Keywords: Antioxidant. Aquaculture. Immunologic

INTRODUÇÃO

¹ Zootecnista formada pela Universidade Federal de Lavras. Atualmente aluna de doutorado da Universidade Federal de Goiás

² Professor da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

³ Professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras

A aquicultura é a atividade agropecuária que mais apresentou crescimento nos últimos anos. A criação de peixes de água doce em 2016 totalizou 507.122 toneladas, avaliadas em R\$ 3,26 bilhões, um crescimento de 4,94% em volume e 1,88% em valor, se comparado com o ano de 2015. Com relação às espécies produzidas, a tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* merece destaque por ter sido responsável por uma produção no ano de 2016, de 239.090 toneladas, o que representa um aumento de 9,3% em relação a 2015. Este peixe representou 47,1% do total da piscicultura brasileira em 2016. O tambaqui foi o segundo peixe mais cultivado, com 136.992 toneladas em 2016, um aumento de apenas 0,84% em relação a 2015 (IBGE, 2016).

Na nutrição de peixes o selênio é considerado um micromineral essencial ao crescimento e metabolismo dos peixes. Este mineral tem importantes funções biológicas, sendo constituinte da glutathione peroxidase, enzima com destacada atividade antioxidante, que atua em sinergismo com a vitamina E no combate aos radicais livres hidróperóxidos (FRACALLOSSI;CYRINO, 2012). A vitamina E e selênio fazem parte de um sistema de defesa antioxidante multicomponente. Este sistema protege as células contra os efeitos adversos das espécies reativas de oxigênio e outros radicais livres que iniciam a oxidação de fosfolípidios poli-insaturados da membrana e proteínas essenciais (NRC,2011). Além disso a suplementação de Vitamina E na dieta proporciona um maior desempenho produtivo, efeitos positivos nos parâmetros imunológicos dos peixes e resistência ao estresse (KOSHIO,2007).

Apesar do baixo nível dietético de inclusão exigido em comparação aos demais nutrientes, as vitaminas e minerais são importantes para o crescimento e saúde dos peixes. Assim, pesquisas sobre a determinação das exigências em minerais e vitaminas pelas tilápias constituem-se em importante ferramenta para a produção econômica e racional da espécie (FRACALLOSSI e CYRINO, 2012). Por isso, a observação criteriosa do comportamento alimentar dos peixes e a definição dos meios e métodos específicos de manejo alimentar é a melhor ferramenta de otimização de resultados na tilapicultura intensiva (KEENLEYSIDE,1991).

Desta forma é importante desenvolver pesquisas capazes de elucidar as exigências de vitaminas e minerais pelos peixes, afim de formular dietas com o nível adequado destes nutrientes. Assim o objetivo desta revisão é abordar o efeito do selênio e vitamina E sobre o estresse oxidativo e imunidade em tilápias-do-Nilo *Oreochromis niloticus*.

CARACTERÍSTICA DA ESPÉCIE

A introdução da tilápia-do-Nilo, no Brasil, ocorreu em 1971 pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS (GALLI; TORLONI, 1987). Ela é nativa de diversos países africanos e recebeu o nome de tilápia-do-Nilo ou nilótica por ser originária da bacia do rio Nilo (NOGUEIRA, 2003). Sua introdução visava à produção de alevinos para “peixamentos” dos reservatórios públicos da Região Nordeste e das companhias hidrelétricas de São Paulo e Minas Gerais contribuindo para a rápida disseminação da espécie nessas regiões (NOGUEIRA, 2007) e, com o passar dos anos, os seus descendentes foram distribuídos por todo o Brasil.

Dentre as 70 espécies identificadas de tilápias, os animais do gênero *Oreochromis* conquistaram maior destaque na aquicultura, sendo as quatro principais espécies: *O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. aureus* e a *O. urolepis hornorum* (MOREIRA *et al.*, 2007). Outra espécie que merece destaque, é a tilápia vermelha conhecida como Saint Peter que é um tetra-híbrido interespecífico, resultado do cruzamento de duas gerações F₁: macho (*O. niloticus* x *O. aureus*) e fêmea (*O. mossambicus* x *O. hornorum*). No entanto

o desempenho zootécnico dessa variedade é inferior quando comparado as demais variedades de tilápias cultivadas no país (MOREIRA *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2000).

A tilápia se destaca por apresentar crescimento rápido, grande adaptação alimentar, boa conversão alimentar e ganho de peso (MELO *et al.*, 2013). São bastante resistentes a doenças, ao superpovoamento e a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água. Além disso, possuem boas características sensoriais, tais como: carne com sabor suave, baixo teor de gordura, ausência de espinhos intramusculares em forma de “Y” (miosseptos) e rendimento de filé variando de 30 a 40% (HILSDORF, 1995).

Além disso, a tilápia-do-Nilo apresenta rendimentos de filé variando de 25 % a 42% e possui uma carne de ótima qualidade, bom paladar, ausência de espinhas intramusculares, recomendada para o consumo fresco, desidratado, salgado ou defumado (CLEMENTS; LOVELL, 1994; MACEDO-VIÉGAS; SOUZA, 2004). Porém, como qualquer espécie doméstica cultivada pelo homem, suas características zootécnicas devem ser melhoradas geneticamente para garantir o contínuo crescimento e a viabilidade de sua cadeia produtiva (PONZONI *et al.*, 2007).

As fêmeas atingem a maturidade sexual muito precocemente, e alguns problemas de superpopulação podem ocorrer em cultivos, utilizando-se machos e fêmeas de tilápia. Deve-se, então, preconizar cultivos exclusivos de machos, pois eles atingem o peso comercial mais cedo (RIBEIRO, 2001).

Minerais

A função dos minerais em peixes é similar à função nos demais animais não ruminantes. Os efeitos e as ações dos minerais no organismo do peixe dificilmente ocorrem de maneira isolada. São várias inter-relações que podem afetar não só o desempenho como o aproveitamento de outros nutrientes indispensáveis à saúde dos animais. Estes elementos inorgânicos podem ser absorvidos pela água, mas em condições intensivas de criação geralmente são insuficientes; quando a densidade de cultivo é maior, a suplementação pela dieta torna-se obrigatória. Geralmente são utilizados para determinar os níveis de minerais o fígado, ossos, sangue e músculo (LAZZARI;RADUNZ-NETO, 2014).

A concentração de minerais no corpo de um peixe depende da fonte alimentar do ambiente, da espécie, da fase e do estado fisiológico do animal. Muitos organismos acumulam e retêm mineral do ambiente, entretanto, a incorporação é altamente seletiva. A troca de íons do ambiente aquático pelas brânquias e pela pele dos peixes dificulta a determinação do nível ótimo de minerais para cada fase do crescimento. Outro problema prático na experimentação é a dificuldade de formular dietas purificadas (teste) com baixos níveis de minerais e ao mesmo tempo manter a água o mais livre possível do mineral a ser avaliado (LALL,2002). Na tabela 1 estão representados o nível de exigência dos macro e microminerais em algumas espécies de peixes.

Tabela 1. Exigências de macrominerais e microminerais (por Kg de ração) para algumas espécies de peixes

Mineral	Espécies			
	Truta	Carpa-comum	Catfish	Tilápia
Macrominerais				
Cálcio (%)	0,3	0,03-0,65	0,45	0,5
Fósforo disponível (%)	0,6	0,6-0,7	0,45	0,5 0,75 (PV<3,6g) ³ 0,65 (PV>3,6 e <30g) ⁴ 0,46(146g) ⁶ 0,96 ⁷
Magnésio (%)	0,05	0,05	0,04	0,06
Potássio (%)	0,7	ND	ND	ND
Microminerais				
Cobre	3	3	5	3,5 ² 4 ³
Iodo	1,1	ND	1,1	ND
Ferro	60	150	30	ND
Manganês	13	13	2,4	12
Selênio	0,15-0,3	0,25	ND	ND
Zinco	15-30	15-30	20	20-79,5 ⁴

Fonte: Lazzari e Radunz-Neto (2014)

Selênio

O selênio (Se) é um nutriente essencial nas dietas dos animais e está relacionado ao sistema antioxidante do organismo por fazer parte da enzima glutathione peroxidase (GIERUS, 2007). Esta enzima catalisa reações que são necessárias para a conversão de peróxido de hidrogênio e peróxidos orgânicos para seus correspondentes álcoois utilizando glutathione reduzida, protegendo, assim, as membranas celulares contra danos oxidativos. Além disso o selênio atua em sinergismo com a vitamina E (FRACALOSSI;CYRINO, 2012).

O Se é um elemento que possui margem estreita entre os níveis de exigência e toxidez, sendo que teores abaixo de 0,1 mg/kg são considerados deficientes e acima de 2 mg/kg podem ser tóxicos (GERIUS, 2007). As exigências são baixas, mas se não atingida, podem comprometer o sistema antioxidante e causar graves consequências para o metabolismo do animal (SURAI *et al.*, 2006). As exigências de selênio para peixe varia de 0,21 a 1,18 mg kg¹, a depender da espécie considerada. A capacidade do peixe em acumular selênio nos tecidos pode tornar a carne de pescado um interessante alimento funcional para a nutrição humana, especialmente como boa fonte de selênio (COTTER *et al.*,2008).

Em estudo realizado por Lee *et al.* (2016) avaliando a exigência e toxicidade de selênio na dieta em juvenis de tilápia-do-Nilo *O. niloticus* usando como fonte orgânica a selenometionina e utilizando os seguintes níveis crescentes de selênio 0,30; 0,55; 0,73; 0,82; 1,04; 2,06; 2,95; 6,31 e 14,7 mg de Se/kg, observaram que o crescimento aumentou até 2,06 de inclusão de Se na dieta, após este nível de inclusão

houve um decréscimo gradual no crescimento. Dessa forma, observa-se que a tilápia possui um requisito específico de Se, que não pode ser atendido por alimentações regulares ou pelo meio aquático. É geralmente aceito que o selênio orgânico (selenometionina) é mais prontamente disponível do que o selênio inorgânico (por exemplo selenito de sódio) para peixes (JARAMILLO *et al.*, 2009). Portanto, o nível de exigência dietética de selênio para tilápia-do-Nilo pode ser satisfeito usando Se orgânico a comparativamente menor nível de inclusão do que a fonte inorgânica tradicional de Se (LEE *et al.*, 2016).

O principal efeito nocivo de toxicidade de Se relatado por Lee *et al.* (2016) foi a redução no crescimento. No entanto, a reduzida taxa de sobrevivência inesperada observada no estudo pode sugerir, uma maior sensibilidade do Se orgânico em comparação a fonte inorgânica. A concentração de Se no fígado, músculo e brânquias aumentou a medida que se aumentou a dose. A taxa de acumulação de Se nestes tecidos para os grupos de tilápia-do-Nilo alimentadas com 0,30 até 2,95 mg / kg de Se foram significativamente mais baixos comparada aos outros grupos, sugerindo um requisito de Se dietético ideal para garantir a saturação nos tecidos dos peixes. Considerando que, o Se teve um maior acúmulo no tecido hepático, o que sugere que concentrações de Se no fígado refletem uma maior dose-resposta distinta aos níveis de selênio dietético na dieta do que no músculo ou brânquias.

Vitaminas

Em geral, quinze vitaminas são consideradas essenciais para os peixes, contudo algumas espécies podem exigir um menor número. As exigências vitamínicas variam nos peixes em função de espécie, tamanho, sexo, velocidade de crescimento, inter-relações, ambiente (temperatura, tóxicos) e funções metabólicas (resposta ao estresse, resistência às doenças), além do sistema de cultivo e hábito alimentar. Os protocolos para determinação da exigência vitamínica dos peixes constituem-se na incorporação quantitativa (dose-resposta) deste nutriente em uma dieta teste, quimicamente definida, geralmente purificada ou semipurificada (LAZZARI;RADUNZ-NETO, 2014). Na tabela 2 estão representados o nível de exigência das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis em algumas espécies de peixes.

Tabela 2. Exigências de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para algumas espécies de peixes

(Contínua)

Vitamina	Espécies			
	Truta	Carpa-comum	Catfish	Tilápia
Lipossolúveis				
A (UI)	2.500	4.000 1.000-2.000 ³	1.000-2.000	4.769 ²
D (UI)	2.400	ND	500	ND
E (UI)	50 30 mg ³	100	50 30 mg ³	50
K (mg)	10 ³	ND	ND	ND
Hidrossolúveis				
Ácido Fólico	1 2 6-10 ²	ND	1,5	1 ⁵
Ácido Pantotênico	20 40-50 ²	30 50 ³	15 ⁶ 25-50 ²	10

Tabela 2. Exigências de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para algumas espécies de peixes
(Conclusão)

Vitamina	Espécies			
	Truta	Carpa-comum	Catfish	Tilápia
Colina	1.000	500	400 ⁸	ND
	714-813 ⁷	1.500-2000 ²		
	2.000-4.000 ²	4.000 ³		
C	50	-	25-50	50
	60 ⁶			79 ⁹
				1.250 ¹⁰
Cianocobalamina (B12)	100-150 ²	ND	ND	ND
Biotina	0,15	1	ND	0,06 ¹¹
	1-1,2 ²			
Inositol	300	200-300 ²	440	
Niacina	10 ¹²	28	14	
	120-150 ²			
Piridoxina (B6)	1-10	5-6	3	5 ¹³
	10-15 ²	5-10 ²		
Riboflavina (B2)	4	7	9	6
	20-30 ²	15 ³		
Tiamina (B1)	1	0,5	1	ND
	10-12 ²	2-3 ²		

Fonte: Lazzari e Radunz-Neto (2014)

Vitamina E

A Vitamina E é o nome genérico para um grupo de oito compostos lipossolúveis, sendo quatro tocoferóis e quatro tocotrienóis (PACKER;OBERMULLER-JEVIC, 2002). Refere-se a um grupo estrutural de isômeros do tocoferol, dos quais o α -Tocoferol é o mais conhecido, pois tem a maior ação fisiológica, maior absorção intestinal e deposição nos tecidos (PACKER;OBERMULLER-JEVIC, 2002; ROCHA, 2010).

A vitamina E não é sintetizada em quantidades suficientes para atender as necessidades dos animais, portanto há dependência de fontes dietéticas, sendo encontrada em vegetais verdes escuros, sementes oleaginosas, óleos vegetais, germe de trigo, gema de ovo e fígado. Nas formulações comerciais a vitamina E na forma natural ou sintética é adicionada como suplemento, especialmente com α -Tocoferol (ROCHA, 2010).

As exigências de vitamina E em estudos realizados com peixes variou de 25 a 200 mg kg⁻¹ (NRC, 2011). Algumas pesquisas em diversas espécies aquáticas indicaram que a suplementação de vitamina E pode melhorar o desempenho do crescimento (KOCABAS e GATLIN, 1999; ZHOU *et al.*, 2013; LI *et al.*, 2013), aumentar a capacidade antioxidante e imunidade (ZHOU *et al.*, 2013.; LI *et al.*, 2013) e restaurar a imunidade diminuída (SAHOO;MUKHERJEE, 2002).

Os sinais de deficiência de vitamina E em vários peixes são semelhantes, e incluem distrofia muscular, aumento de edema e queda de hemoglobina (NRC, 2011). Além disso outros sintomas foram relatados como baixo crescimento, exoftalmia, ascite, anemia, brânquias pálidas e disformes, queda de

eritrócitos, menor resposta de anticorpo, despigmentação e acúmulo de gordura no fígado (TACON, 1992).

Em estudos realizados por Lu *et al.*, (2016) avaliando o efeito da suplementação de vitamina E no desempenho de bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) utilizando seis níveis de vitamina E, 8,9; 19,6; 27,0; 39,7; 77,6 e 156,9 mg Kg⁻¹ observaram que o ganho de peso e a taxa de crescimento específico aumentaram significativamente com o aumento dos níveis de vitamina E. No entanto, com um novo aumento de vitamina de 39,7 para 156,9 mg kg⁻¹, o GP e TCE diminuíram significativamente. Os resultados indicaram que a vitamina E pode melhorar o crescimento até determinado nível, além disso é essencial para a normalidade fisiológica do bagre amarelo.

Estresse Oxidativo

O estresse oxidativo é um aumento na produção de radicais livres pelas células, que resulta em danos no tecido celular (KOHEN e NYSKA, 2002; GAO *et al.*, 2014). Para proteger as células e tecidos destes danos oxidativos, os peixes possuem um sistema de defesa antioxidante endógeno que ajuda neutralizar a atividade dos radicais livres, além disso possuem diferentes habilidades para proteger o corpo contra danos oxidativos (GAO *et al.*, 2013). As enzimas protetoras incluindo superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), pode elevar níveis de combate do estresse antioxidante (BHOR *et al.*, 2004; MARTINEZ-ALVAREZ *et al.*, 2005). Os níveis de atividade destas duas enzimas tem sido utilizada para quantificar o estresse oxidativo nas células (Van der Oost *et al.*, 2003). Além disso, as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) têm sido utilizadas como marcadores naturais do estresse oxidativo em diversos tecidos, por ser indicativo de peroxidação lipídica (COHEN *et al.*, 2007).

A vitamina E é a principal vitamina lipossolúvel responsável por proteger a membrana celular da peroxidação lipídica (THAKUR;SRIVASTAVA, 1996). Especialmente a forma α -tocoferol tem a maior biopotência. como antioxidante pois realiza a quebra da cadeia lipossolúvel que protege os ácidos graxo poli-insaturados (PUFAs) protegendo contra a peroxidação, retirada de ROS (espécie reativa de oxigênio), assim ajudando a preservar a integridade das membranas biológicas, lipoproteínas e estoque de lipídios contra a oxidação (HUNG *et al.*, 2007; PEUTHERT e PFLUGMACHER, 2010).

Segundo Lu *et al.* (2016) a atividade da SOD (superóxido dismutase) no soro aumentou significativamente quando os níveis de vitamina E aumentaram de 19,6 a 77,6 mg kg⁻¹ para a espécie bagre amarelo. Contudo, com um novo aumento da vitamina E na dieta de 77,6 para 156,9 mg kg⁻¹, não houve aumento para a atividade SOD. A atividade de CAT (catalase) no soro aumentou significativamente à medida que os níveis de vitamina E na ração aumentaram de 8,9 para 39,7 mg kg⁻¹, e, em seguida, atingiu um patamar com novo aumento das concentrações de vitamina E. A concentração de MDA (malondialdeído) diminuiu quando os níveis de vitamina E na dieta aumentaram de 8,9 para 39,7 mg kg⁻¹, e depois não houve decréscimo quando os níveis de vitamina E na dieta aumentaram de 39,7 para 156,9 mg kg⁻¹.

Segundo Watanabe *et al.* (1997), o nível de atividade da glutathione peroxidase, no fígado ou no plasma, pode ser indicativo do fornecimento de Se no organismo. As enzimas antioxidante tal como SOD, CAT e GPX pode remover ou danificar o excesso de ROS, reduzindo o dano por peroxidação lipídica (SIES, 1997). Por isso conforme Ai *et al.* (2008) a peroxidação lipídica pode ser evitada aumentando o nível de vitamina E na dieta.

Avaliando o efeito da estabilidade oxidativa de dietas ricas em vitamina E em híbridos de tilápia vermelha Ng *et al.* (2013) encontraram uma menor concentração de TBARS nos filés de tilápias que foram alimentadas com óleo de soja e óleo de palma. As maiores concentrações de TBARS no filé foi encontrado para os animais alimentados com a dieta contendo óleo de peixe.

Resposta Imune

A imunidade é um mecanismo fisiológico vital em animais que tem como objetivo proteger contra a infecção e a preservação da homeostase interna. A lisozima é uma molécula de defesa importante do sistema imune inata, que pode desempenhar um importante papel no peixe como um mecanismo de defesa contra doenças infecciosas (SAURABH e SAHOO, 2008; LIE *et al.*, 1989). As imunoglobulinas (Ig) que constituem os anticorpos são utilizadas na defesa imunológica contra agentes patogênicos em todos os vertebrados (PILSTRÖM;BENGTÉN, 1996).

Em peixes o selênio apresenta um papel ativo no sistema imunológico e reduz o risco de infecções por vírus. A proliferação de linfócitos B e a produção de anticorpos são estimuladas pelo Se (HUGHES, 2000). A vitamina E também é considerada muito importante por sua ação imune não específica. Ela também previne a imunossupressão na resposta de estresse promovido pela alta densidade de estocagem (MONTERO *et al.*, 1999; BELO *et al.*, 2005). Tilápias alimentadas com dieta suplementada com 500 mg kg⁻¹ das vitaminas C e E, quando injetadas intraperitonealmente com lipopolissacarídeos (LPS) de *Escherichia coli*, apresentaram redução no número total de neutrófilos circulantes no sangue, possibilitando uma maior migração de células de defesa, leucócitos e trombócitos para a bexiga natatória (MARTINS *et al.*, 2008).

Segundo Lu *et al.* (2016) atividade de lisozima, o índice fagocítico (IF) e o burst respiratório (BR) foram significativamente influenciados pelos níveis de vitamina E na dieta. A atividade de lisozima e IF aumentou significativamente com o aumento dos níveis de vitamina E na dieta de 8,9 para 39,7 mg kg⁻¹, e não aumentou significativamente com o aumento dos valores de vitamina E. A lisozima é conhecida por agir como um mediador imune não específico contra parasitas, bactérias e vírus infecções (SAURABH; SAHOO, 2008). Estes resultados indicam que vitamina E na dieta tem um efeito positivo sobre a imunidade inata de bagres amarelo. A atividade de burst respiratório aumentou quando os níveis de vitamina E na dieta foram elevados de 8,9 para 39,7mg kg⁻¹, e os valores mais baixos BR foram observados em peixes alimentados com menor teor de vitamina na dieta. No entanto, a concentração de imunoglobulina (Ig) não foi significativamente afetada pelos níveis de vitamina E.

Ainda neste estudo, para os parâmetros hematológicos não foi observado diferenças significativas nos glóbulos vermelhos, leucócitos, hemoglobina, glicose e a concentração de colesterol total no soro. Contudo, peixes alimentados com dieta com menor nível de vitamina E apresentaram menor teor de hematócrito e maior triglicérides. Estes resultados indicam que a vitamina E pode acelerar a atividade de enzimas metabólicas de triglicérides e diminuir a concentração de soro (MONAHAN *et al.*, 1992).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tilápia-do-Nilo tem um nível de exigência específica de selênio e vitamina E que não pode ser satisfeito somente pelo ambiente aquático. O nível de exigência dietética para o máximo crescimento varia de 1 a 2 mg de selênio usando como fonte a selenometionina. Além disso, a suplementação adequada de vitamina E melhora o desempenho, capacidade antioxidante e a imunidade inata de peixes. Assim, pesquisas sobre a determinação das exigências em minerais e vitaminas pelas tilápias constituem-se em importante ferramenta para a produção econômica e racional da espécie. Por isso, a observação criteriosa do comportamento alimentar dos peixes e a definição dos meios e métodos específicos de manejo alimentar no que está incluído o conhecimento preciso sobre as exigências nutricionais do grupo de espécies para cada situação ou sistema de produção, é a melhor ferramenta de otimização de resultados em tilapicultura intensiva. Estas pesquisas são importantes para o correto desenvolvimento de dietas comerciais para esta espécie de grande importância econômica para o país.

REFERÊNCIAS

- AI, C.X. et al. Effect of dietary vitamin E on the PO, Ua and UL activities of Chinese mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis*. **Oceanology Limnology**. Sin. 2 (39), 119–123. 2008.
- BELO, M. A. A. et al. Effect of dietary supplementation with vitamin E and stocking density on macrophage recruitment and giant cell formation in the teleost fish, *Piaractus mesopotamicus*. **Journal of Comparative Pathology**, v. 133, p. 146-154 2005.
- CLEMENTS, S.; LOVELL, R. T. Comparison of processing yields and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 119, n. 2-3, p. 299-310, 1994.
- COHEN, A.; KLASING, K.; RICKLEFS, R. Measuring circulating antioxidants in wild birds. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B v.147, p.110–121, 2007.
- COTTER, P.A.; CRAIG, S.R.; MCLEAN, E. Hyperaccumulation of selenium in hybrid striped bass: A functional food for aquaculture? **Aquaculture Nutrition** 14: 215-222. 2008.
- FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 375 p. 2012.
- GIERUS, M. Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1212-1220, 2007.
- HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 73-84, jan./jun. 1995.
- HUGHES, D. A. Dietary antioxidants and human immune function. **Nutrition Bulletin**, v. 25, p. 35-41, 2000.
- HUNG, S., TU, C., WANG, W. In vitro effects of singular or combined antioxidative vitamins and/or minerals on tilapia (*Oreochromis* hybrids) peripheral blood monocyte-derived, anterior kidney-derived, and spleen-derived macrophages. **Shellfish Immunology**. 23, 1-15. 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Produção da pecuária municipal. Brasília: IBGE, 2016.
- JARAMILLO JR., F., LI, P., GATLIN III, D.M. Selenium nutrition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* M. *saxatilis*) bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. **Aquaculture Nutrition**. 15, 160–165. 2009.
- KEENLEYSIDE, M.H.A. **Cichlid Fishes: Behavior, Ecology and Evolution**. Fish and Fisheries Series 2. Chapman & Hall, London, England. 1991.
- KOCABAS, A.M., GATLIN, D.M. Dietary vitamin E requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* female × *M. saxatilis* male). **Aquaculture Nutrition** 5 (1), 3–8. 1999.
- KOSHIO, S. **Essential nutrients- vitamins**. in H. Nakagawa, M. Sato, D.M. Gatlin. Dietary supplements for the health and quality of cultured fish. **CAB International**, Wallingford, Oxfordshire, UK. Pages 35-46. 2007
- LALL, S.P. The minerals. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.) **Fish nutrition**. 3 ed. New York: Academic Press Inc, 2002. p. 260-301.

- LAZZARI, R.; RADUNZ-NETO, J. **Exigências de Vitaminas e Minerais para Peixes**. In: SAKOMURA, N.K.et al. L. **Nutrição de não-ruminantes**, Jaboticabal: FUNEP, 2014. p. 313-329.
- LEE, S.et al.. Dietary selenium requirement and toxicity levels in juvenile Nile tilapia , *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 464, p. 153–158, 2016. Elsevier B.V.
- LI, M.et al. Growth performance, antioxidante status and immune response in darkbarbel catfish *Pelteobagrus vachelli* fed diferente PUFA/vitamin E dietary levels and exposed to high or low ammonia. **Aquaculture** 406, 18–27. 2013.
- LIE, Ø.et al.Study on lysozyme activity in some fish species. **Diseases of Aquatic Organisms**. 6 (1), 1–5. 1989.
- LU, Y.; LIANG, X.; JIN, M. Effects of dietary vitamin E on the growth performance , antioxidant status and innate immune response in juvenile yellow cat fish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Aquaculture**, v. 464, p. 609–617, 2016. Elsevier B.V.
- MACEDO-VIÉGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R. **Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura**. In: CYRINO, J. E. P. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 405-480.
- MARTINS, M. L.et al.. Ração suplementada com vitaminas C e E influencia a resposta inflamatória aguda em tilápia- do- Nilo. **Ciência Rural**, v. 38, p. 213-218,2008.
- MOREIRA, A. A. et al. Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-56. **Aquaculture Research, Oxford**,v. 36, n. 11, p. 1049-1055, 2005.
- MONAHAN, F.J.et al.. Influence of dietary fat and α -tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. **Meat Science**. 31, 229–241. 1992.
- MONTERO, D.et al.Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some imune parameters of gilthead seabream (*Spaurus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. **Aquaculture**, v.171, p. 269-278, 1999.
- NG, W.et al.. Effects of dietary fi sh and vegetable oils on the growth , tissue fatty acid composition , oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and ef fi cacy of using fi sh oil fi nishing diets. **Aquaculture**, v. 372-375, p. 97–110, 2013.
- NOGUEIRA, A. C. **Criação de tilápias em tanques rede**. Salvador: Sebrae, 2007. 23 p.
- NOGUEIRA, A. J. **Aspectos da biologia reprodutiva e padrões de crescimento da tilápia *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758, (Linhagem Chitralada) em cultivos experimentais**. 2003. 77 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.
- PACKER, L.; OBERMULLER-JEVIC, U.C. **Vitamin E: An Introduction**. In: PACKER, L.; TRABER, M.G.; KRAEMER, K.; FREI, B. **The Antioxidant Vitamin C and E**, 2002.
- PEUTHERT, A., PFLUGMACHER, S. Influence of the cyanotoxin microcystin-LR on tocopherol in Alfalfa seedlings (*Medicago sativa*). **Toxicon** 56, 411-417. 2010.
- PILSTRÖM, L., BENGTEÉN, E.V.A. Immunoglobulin in fish—genes, expression and structure. **Fish Shellfish Immunol**. 6, 243–262. 1996.

PONZONI, R. W. et al. Investment appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, n. 1, p. 187-199, Jan. 2007.

RIBEIRO, R. P. Espécies exóticas. In: MOREIRA, H. L. M. [et al.]. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: Ed. ULBRA, 2001. p. 91- 121.

SAHOO, P.K., MUKHERJEE, S.C. Influence of high dietary α -tocopherol intakes on specific immune response, nonspecific resistance factors and disease resistance of healthy and aflatoxin B1-induced immunocompromised Indian major carp, Labeo rohita (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**. V. 8 159–167. 2002.

SAURABH, S., SAHOO, P.K. Lysozyme: an important defense molecule of fish innate immune system. **Aquaculture Research**. V. 4. 223–239. 2008.

SIES, H. **Oxidative stress**: oxidants and antioxidants. *Exp. Physiol.* 82 (2), 291–295. 1997.

SOUZA, V. L. et al. **Comparison of productive performance of sex reversed male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Thai strain) and tetra hybrid red tilapia (*Israeli strain*)**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**Goiânia: UFG, 2000. p.83-87.

SURAI, P.F. **Natural antioxidants in Poultry nutrition**: New developments In: 16TH European Symposium on Poultry Nutrition, p. 669-675, 2006.

TACON, A.G.J. **Nutritional fish pathology**. Morphological signs of nutrient deficiency and toxicity in farmed fish. Rome: Food and Agriculture Organization, 1992, p.1-75.

THAKUR, M.L.; SRIVASTAVA, U.S. Vitamin-E metabolism and its application. **Nutrition Research**, Tarrytown, v.16, n.10, p.1767-1809, 1996.

ROCHA, C. Qualidade do óleo de soja e adição de vitamina E na ração de perus. **Dissertação de Mestrado**, Curitiba, UFPR, 2010.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v.151, p.185-207, 1997.

ZHOU, Q.C. et al. Dietary vitamin E could improve growth performance, lipid peroxidation and non-specific immune responses for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition** V.19, 421–429. 2013.

